

La protection contre les adventices dans le cadre d'un système de culture au Bénin

Ch. Gaborel

Agronome, Conseiller technique de l'I.R.C.T. auprès de la Recherche Coton et Fibres (R.C.F.), B.P. N° 715 Cotonou (Bénin).

RÉSUMÉ

L'utilisation des herbicides, d'abord thème de recherche en culture cotonnière, est devenue peu à peu une nécessité en expérimentation, aussi bien pour cette culture que pour d'autres plantes : maïs, sorgho, arachide.

Les études faites à l'échelle de la parcelle ont été étendues au système de culture en conditions réelles à partir de 1979 (ferme de

3 ha où se pratique la culture attelée). La comparaison des résultats obtenus montre l'intérêt mais également les limites de la lutte chimique contre les mauvaises herbes.

Des propositions sont faites pour développer cette technique au Bénin.

MOTS CLÉS : adventice, lutte chimique, système de culture, cotonnier, maïs, sorgho, arachide.

INTRODUCTION

Les activités du département R.C.F. (Recherche coton et fibre) concernent principalement l'agronomie, l'expérimentation variétale et la protection des cultures ; depuis quelques années, des études plus générales sur les systèmes techniques de production ont été entreprises.

Ces activités sont largement régionalisées puisque la R.C.F., bien que dépourvue de station de recherches, dispose d'une ferme pour l'étude des systèmes techniques et d'une douzaine de Centres permanents d'Expérimentation (C.P.E.) répartis dans les six provinces du pays pour les études thématiques.

Depuis quelques années, la raréfaction de la main-d'œuvre (dans certaines régions) et les difficultés budgétaires ont fait de la lutte chimique contre les adventices (du cotonnier mais également des maïs, sorghos, arachides) un moyen de pallier la lourde charge que représente l'entretien des différentes soles et essais mis en culture chaque année.

Cette utilisation des herbicides, d'abord selon les besoins, est devenue systématique sur de nombreux C.P.E. ainsi qu'à la ferme d'Angaradébon où cette technique représente un moyen irremplaçable d'intensification des cultures, même si, sur le terrain, les choses ne sont pas toujours aussi simples et si de nombreux problèmes demeurent, au niveau de l'ensemble du système. En effet, compte tenu du mode d'action des produits employés (herbicides de pré-levée), la contrainte principale est la propreté du sol au moment de l'épandage. Pour des semis précoces, il n'y a, en général, aucune difficulté, mais, au fur et à mesure que la saison s'avance, cette préparation parfaite du lit de semence — assez facile à obtenir sur C.P.E. où les surfaces sont modestes, et où il n'y a pas de problème de main-d'œuvre disponible — devient rapidement irréalisable sur la ferme et les produits sont alors épandus dans de mauvaises conditions.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La flore adventice

Nous avons, à partir de 1980, essayé d'établir un inventaire aussi complet que possible des adventices rencontrées en culture pluviale (2). Du nord au sud du pays, on recense à peu près une centaine de plantes dont le nombre et l'importance varient beaucoup suivant la date, l'année, la culture, et bien sûr la station.

En général, on trouve de 10 à 25 adventices vraies par station dont quelques-unes seulement ayant une grande importance. Nous mentionnons essentiellement dans le tableau 1 ces espèces importantes (1, 3, 4, 6) ou qui peuvent le devenir, mais également certaines plantes typiques de la région. Ces espèces sont classées par localité suivant trois grandes zones écologiques :

- Nord, zone soudanienne typique : une saison pluvieuse de mai à octobre. Sols ferrugineux tropicaux.
- Centre, zone de transition avec, en général, deux saisons humides dans la partie méridionale. Sols ferrugineux tropicaux.
- Sud, zone tropicale humide à deux saisons pluvieuses d'avril à juillet et de septembre à novembre. Sols ferrallitiques.

Nous trouvons principalement sur les 29 espèces répertoriées :

Graminées et Cypéracées

Dactyloctenium aegyptium et *Digitaria horizontalis* que nous retrouvons partout et presque toujours en abon-

TABLEAU 1. — Liste des adventices rencontrées sur les points d'essais.

Zones Adventices	Nord				Centre				Sud	
	Angaradébou	Gomprou	Gogounou	Dassari	Alfakpara	Avallaro	Gobé	Savalou	Agony	Sékou
Graminées et Cypéracées										
<i>Brachiaria lata</i>	+	+	.	.	.
<i>Cenchrus bifforus</i>
<i>Chloris pilosa</i>
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+	++
<i>Digitaria horizontalis</i>	+	+++	+	.	+++	++	.	.	+++	++
<i>Echinochloa indica</i>
<i>Imperata cylindrica</i>	+	+	++	.
<i>Killingia squamulata</i>	.	+	+	.	+	+	.	++	+	+
<i>Setaria barbata</i>	+	+
<i>Setaria pallida-fusca</i>
<i>Paspalum scrobiculatum</i>	.	.	+
Adventices latifolées										
<i>Amaranthus spinosus</i>
<i>Ageratum conyzoides</i>	++
<i>Boerhavia erecta</i>	+	+	+	++	.	.
<i>Cassia obtusifolia</i>	++
<i>Cleome viscosa</i>	+	.	.
<i>Cnysanthium americanum</i>	.	.	.	+	.	+
<i>Commelina bengalensis</i>	.	.	+	.	.	++
<i>Euphorbia heterophylla</i>	+	.	.
<i>Rourya aestuans</i>
<i>Hibiscus surratensis</i>	+
<i>Ipomea eriocarpa</i>	+++	+	+
<i>Portulaca oleracea</i>	+	+
<i>Schizanthus americanus</i>	+
<i>Spermaroce stachydes</i>	.	+	+
<i>Talinum triangulare</i>	+++	+++	+++	+	+
<i>Tridax procumbens</i>	+++	+++	+++	+	+
<i>Momordica charantia</i>	++	+
<i>Phyllanthus amarus</i>	++	+

. = espèce présente.

+ = espèce présente pouvant être localement abondante.

++ = espèce fréquente pouvant être abondante.

+++ = espèce abondante, souvent dominante.

dance ; les deux espèces se succèdent parfois sur le terrain d'abord infesté par *D. aegyptium* puis par *D. horizontalis*. Quelques espèces peuvent avoir une importance locale : *Brachiaria lata*, *Killingia squamulata*, *Paspalum scrobiculatum*, et bien sûr, *Imperata cylindrica*, surtout en zone centre ou sud.

Espèces latifolées

Nous avons essentiellement en zone centre : *Tridax procumbens*, puis *Boerhavia erecta*, *Commelina bengalensis* et *Ageratum conyzoides*. En zone nord, *Ipomea eriocarpa* est l'adventice la plus difficile à détruire, mais d'autres espèces peuvent être localement importantes : *Cassia obtusifolia*, *Spermaroce sp.* et *Commelina bengalensis*.

Dans l'extrême sud du pays, les espèces latifolées sont

très diversifiées ; citons cependant parmi de nombreuses autres adventices : *Phyllanthus amarus*, *Portulaca oleracea* et *Talinum triangulare* qui peuvent devenir assez nombreuses.

Les techniques de désherbage chimique

Nous avons utilisé de façon régulière des herbicides sur une grande partie des soles des Centres permanents d'Expérimentation du Borgou et du Zou (zones nord et centre) ainsi que sur la ferme d'Angaradébou (nord) à partir de 1979. Dans tous les cas, on peut considérer qu'il s'agit d'applications en vraie grandeur (soles de 1 500 à 5 000 m² sur les C.P.E. et de 8 000 m² à Angaradébou). Les produits (tabl. 2) ont tous été apportés en post-semis

TABLEAU 2. — Produits utilisés sur les différentes cultures.

Produit commercial	Matières actives	Concentration g/l	Dose m.a. g/ha
Sur cotonnier			
Cotofor	dipropétryne (D)	500	2 000
Cotodon	dipropétryne + métolachlore (DM)	240 + 180	960 + 640
Zorial	naftalazone (N)	600	1 200
Zoriadex	naftalazone + cyanazine (NC)	300 + 400	900 + 1 200
Sur arachide			
Cotofor	dipropétryne (D)	500	2 000
Cotodon	dipropétryne + métolachlore (DM)	240 + 280	960 + 640
Sur maïs			
Primagram	atrazine + métolachlore (AM1)	250 + 250	1 000 + 1 000
Primextra	atrazine + métolachlore (AM2)	250 + 300	800 + 1 200
Sur sorgho			
Primagram	atrazine + métolachlore (AM1)	250 + 250	750 + 750
Sorgoprim	terbutryne + terbutylazine (T)	250 + 250	750 + 750

et pré-levée. Les épandages ont été faits à volume réduit (20 l/ha) avec un appareil à disque rotatif (« Handy » de Micon sprayer's).

Pour l'estimation des résultats, les observations habituelles sur l'enherbement — noté de 0 (enherbement total) à 10 (enherbement nul), la note 7 correspondant à un état encore satisfaisant — n'ont pas été faites avec suffisamment de rigueur et nous paraissent insuffisamment fiables. Nous avons donc préféré utiliser comme critère d'efficacité le nombre de jours écoulés entre le semis et le premier sarclage (j.a.s. (*)) sachant que les responsables des C.P.E. ont toujours, à quelques jours près, la possibilité d'intervenir quand ils le jugent nécessaire.

Le nombre et la diversité des résultats (premier sarclage du 15^e au 50^e jour, voire inutile), obtenus sur les C.P.E.

nous ont incité à regrouper les observations suivant cinq classes :

Sarclage jusqu'à 20 j.a.s.	classe 1
Sarclage de 21 à 30 j.a.s.	classe 2
Sarclage de 31 à 40 j.a.s.	classe 3
Sarclage à plus de 40 j.a.s.	classe 4
Aucun sarclage	classe 5

Pour des raisons évidentes liées à la phénologie des adventices, nous avons complété les observations précédentes en classant les dates de semis suivant trois types : précoce (P), moyen (M), tardif (T).

Certaines parcelles non traitées (par manque de produit ou conditions hydriques défavorables) ont également fait l'objet d'un suivi ; elles nous ont permis, très souvent, une meilleure appréciation des produits utilisés.

RÉSULTATS

Les observations faites par culture (5) ont été regroupées en deux ensembles, d'abord celles obtenues sur les Centres permanents d'Expérimentation du Borgou (Angaradébou, Gomparou, Gogonou et Alaffiarou) et du Zou (Gobé) de 1979 à 1982, puis les résultats relevés sur la ferme d'Angaradébou (Système de culture) de 1980 à 1982.

Il paraît important de signaler que toutes les cultures considérées, le sorgho mis à part, ont reçu une fumure minérale et que les cotonniers, ainsi qu'une partie des maïs de la ferme, ont bénéficié également d'une fumure organique (3 t/ha de terre de parc).

Centres Permanents d'Expérimentation

Cotonnier

Les résultats sont regroupés dans le tableau 3.

DIPROPÉTRYNE + METOLACHLORE

Cette association a été utilisée dans 26 situations différentes (dans des conditions d'humidité acceptables, sauf une fois à Gogonou en 1982) et 15 fois nous avons eu la possibilité de comparer avec des parcelles voisines non traitées.

Les parcelles non sarclées (classe 5) sont nombreuses et représentent 30 % de l'ensemble ; elles ont été directement buttées sans entretien préalable, sauf parfois certains désherbages ponctuels correspondant à des repousses mal enfouies ou à des plantes résistantes au produit (*Cyperus esculentus*, *Imperata cylindrica*...).

DIPROPÉTRYNE

Les résultats sont corrects mais ce produit, à cause de certains risques de toxicité, a été abandonné au profit du précédent.

NORFLURAZON + CYANAZINE

Cette association aurait pu être très intéressante (efficace contre *Tridax procumbens*) mais présente parfois de graves inconvénients : manque de sélectivité (liée à la cyanazine) et toxicité pour la céréale suivante (maïs ou sorgho) provoquée par le norflurazon.

Amélioré

Les observations sont moins nombreuses que pour le cotonnier ; elles ont été faites uniquement dans le Borgou (tabl. 4).

TABLEAU 3. — Efficacité des différents produits en fonction du nombre de jours écoulés entre le semis et le premier sarclage. Comparaison avec un témoin non sarclé.

Produits	Type de semis	Traitement	Nombre de données par classes					Nombre de cas
			Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	
Dipropétryne + Metolachlore	P	traité			1	1	5	7
		non traité	2	2				6
	M	traité			3	7	2	12
		non traité	1	3				7
	T	traité			2	3	2	7
	Total	traité			6	11	9	26
	P + M + T	non traité	3	7	5			15
Dipropétryne	M	traité				2		2
		non traité		2				2
Norflurazon + cyanazine	M	traité				2		2

(*) j.a.s. : jours après semis.

TABLEAU 4. — Efficacité des différents produits en fonction du nombre de jours écoulés entre le semis et le premier sarclage. Comparaison avec un témoin non sarclé.

Produits	Type de semis	Traitement	Nombre de données par classe					Nombre de cas
			Cl.1	Cl.2	Cl.3	Cl.4	Cl.5	
Dipropétryne + Métolachlore	P et M	traité non traité		1 2	2	2	5	10 2
Dipropétryne	P	traité non traité		1				1 1

TABLEAU 5. — Efficacité des différents produits en fonction du nombre de jours écoulés entre le semis et le premier sarclage. Comparaison avec un témoin non sarclé.

Produits	Type de semis	Traitement	Nombre de données par classe					Nombre de cas
			Cl.1	Cl.2	Cl.3	Cl.4	Cl.5	
Atrazine + Métolachlore (AM1)	P et M	traité non traité	4	1 1	2	2		5 5
Terbutryne + Terbutylazine	P T	traité non traité			1 5	1	2	4 5

TABLEAU 6. — Efficacité de l'association atrazine + métolachlore (AM1) en fonction du nombre de jours écoulés entre le semis et le premier sarclage.

Type de semis	Traitement	Nombre de données par classe					Nombre de cas
		Cl.1	Cl.2	Cl.3	Cl.4	Cl.5	
T	traité		1	2	1		4

Pour les 10 parcelles traitées avec l'association dipropétryne + métolachlore, les résultats sont excellents, mis à part deux cas où le produit a été épandu sur sol sec. Une fois sur deux, le sarclage est totalement supprimé.

Sorgho

Quelques observations ont pu être faites dans le Borgou (tabl. 5).

Les résultats obtenus avec l'association atrazine + métolachlore (AM1) sont corrects sur le plan de la lutte contre l'enherbement, mais la toxicité est souvent élevée pour la plante (parfois plus de 50 % de destruction des poquets). Ce manque de sélectivité paraît souvent lié au sol (toxicité élevée en sols légers) mais également au cultivar. Cette association n'est plus utilisée depuis 1980.

Le second produit (terbutylazine + terbutryne) utilisé à partir de 1982 paraît prometteur malgré des doses assez faibles à l'hectare. L'intérêt du traitement sur semis précoce est, cette fois encore, très net.

Maïs

Des observations (tabl. 6) ont été faites en zone centre (Gobé) en 1982 sur des cultures tardives de premier cycle.

Les conditions d'humidité du sol à l'épandage étaient médiocres dans trois situations sur quatre. L'effet herbicide observé est directement en rapport avec ce facteur.

Ferme d'Angaradébon (système de culture)

Cette exploitation a été implantée en 1978 dans le Nord Borgou (zone soudanienne) ; elle se compose de 10 demi-soles de 0,8 ha conduites en culture attelée suivant une rotation quinquennale :

Année 1 — arachide	Fumure minérale.
Année 2 — cotonnier ou maïs	Fumure organique : 3 t/ha de terre de parc et complément minéral.
Année 3 — maïs + niébé	Fumure minérale.
Année 4 — cotonnier	Fumure organique : 3 t/ha de terre de parc et complément minéral.
Année 5 — sorgho	Non fumé.

Depuis 1980, l'exploitation est pleinement opérationnelle et nous disposons donc de trois années d'observations.

Les résultats sur cotonnier (tabl. 7) sont dans l'ensemble médiocres et il est rare d'observer plus de 30 jours d'efficacité. Remarquons cependant le bon comportement de l'association norflurazon + cyanazine (NC). Sur semis tardif, l'efficacité est franchement mauvaise.

TABLEAU 7. — Efficacité des produits sur cotonnier, exprimée en nombre de jours écoulés entre le semis et le premier sarclage.

Année	1980				1981				1982	
Type de semis	P	M	M	M	T	M	M	M	M	M
Sol	humide	humide	humide	humide	humide	humide	sec	sec	sec	humide
Herbicides utilisés	N	N	N	DM	DM	NC (*)	DM	DM	DM	DM
g/ha/m.a.	1 200	1 200	1 200	360 + 640	360 + 640	340 + 1 120	360 + 640	360 + 640	360 + 640	360 + 640
Efficacité	32	30	30	35	24	40	31	29	29	37

(*) p.c. utilisé à 2,8 l/ha au lieu de 3 l.

TABLEAU 8. — Efficacité des produits sur arachide exprimée en nombre de jours écoulés entre la semis et le premier sarclage.

Année	1980		1981		1982	
Type de semis	P	P	M	M	M	M
Sol	humide	humide	humide	humide	humide	humide
Herbicides utilisés	D	D	DM	DM	DM	DM
g/ha m.a.	2 000	2 000	960-640	960-640	960-640	960-640
Efficacité	33	31	non sarclé	non sarclé	49	49

TABLEAU 9. — Efficacité des produits sur maïs, exprimée en nombre de jours écoulés entre la semis et le premier sarclage.

Année	1980		1981		1982		
Type de semis	P	T	T	M	P	T	T
Sol	humide	humide	—	humide	humide	humide	humide
Herbicides utilisés	AM1	AM2	non traité	AM1	AM2	AM2	AM2
g/ha m.a.	1 000-1 000	800-1 200	non traité	1 000-1 000	800-1 200	800-1 200	800-1 200
Efficacité	non sarclé	32	21	non sarclé	non sarclé	23	23

Sur arachide (tabl. 8) l'efficacité est assez faible en 1980, avec dipropétryne (D) ; par contre, avec l'association dipropétryne-métolachlore (DM), nous obtenons deux années de suite d'excellents résultats.

Sur maïs, le sarclage a été supprimé une fois sur deux (tabl. 9) pour des semis précoces ou assez précoces. Le traitement des semis tardifs était sans intérêt pratique.

Sur sorgho, nous n'avons utilisé l'association terbutryne + terbutylazine (T) que sur 2 soles à 625 + 625 g/ha m.a.

Le produit a été appliqué dans de bonnes conditions (semis à date normale et humidité suffisante). Un sarclage a été effectué au bout de 37 jours. Ce résultat assez satisfaisant devrait pouvoir être amélioré en passant à 750 + 750 g/ha de m.a.

DISCUSSION

A partir des principales observations, nous allons essayer d'expliquer les variations d'efficacité souvent importantes, rencontrées avec les produits utilisés tant sur les C.P.E. que sur la ferme d'Angaradébou.

Cotonnier

L'effet des traitements étant évalué par l'intervalle semis-sarclage, on peut essayer de regrouper et de comparer, par-delà les différences de produits et de dates de semis, les résultats obtenus sur les C.P.E. et à Angaradébou.

	1	2	3	4	5	
C.P.E.	2	7	17	9		35 cas
Ferme d'Angaradébou	4	5				9 cas

La comparaison est nettement en faveur des C.P.E., où, pour 26 tests sur 35, le sarclage a été reporté au-delà du 40^e jour ou supprimé. L'enherbement observé sur la ferme est normal et ne peut en aucune façon expliquer cette efficacité médiocre.

Sachant que les produits utilisés sont assez peu actifs sur les plantes déjà levées et sans action aucune sur les repousses, on peut penser que le travail du sol a une influence importante sur l'efficacité des produits. En fait, sur les C.P.E., avec des surfaces réduites, on arrive en général à faire une bonne préparation du lit de semences. A la ferme, les superficies sont telles que la préparation du sol est moins soignée et les herbicides ne sont vraiment épanchés sur un sol propre que pour les semis précoces. La préparation du sol est donc un facteur essentiel de réussite, mais elle n'explique cependant pas tout.

Ainsi à Angaradébou, nous avons utilisé en 1981 et 1982 le même produit à la même dose (dipropétryne + métolachlore) à des dates comparables, dans de bonnes conditions, sur cotonnier et arachide.

	1	2	3	4	5	Observations
Arachide				2	2	semis : M.
Cotonnier	1	2				semis : 2 M et 1 T.

Les variations d'efficacité d'un même herbicide peuvent donc être très importantes. Dans ce cas précis, la différence d'efficacité est due à l'abondance d'une ipomée, *I. eriocarpa* dans la culture cotonnière. Cette adventice, insensible au produit utilisé, est apportée sous forme de graines avec la terre de parc, car elle est appétée par les animaux et les semences se retrouvent dans les déjections, tandis que dans la culture arachidière, elle reste à un niveau acceptable, du fait de l'absence de fumure organique sur cette culture.

Mais comme l'emploi du norflurazon (N) et de l'association norflurazon + cyanazine (NC) a dû être abandonné à cause des arrière-effets sur céréales dus au norflurazon et à cause d'une certaine agressivité de la cyanazine vis-à-vis du cotonnier, l'association dipropétryne + métolachlore est, pour le moment, le seul produit qui paraît suffisamment sûr pour être proposé.

Arachide

Parmi les deux produits testés, à savoir, la dipropétryne et l'association dipropétryne + métolachlore, un avantage assez net semble se dégager en faveur de l'association.

Maïs

Les deux associations, à base d'atrazine et de métolachlore (AM1 et AM2) ont donné des résultats équivalents. Utilisées dans des conditions satisfaisantes (sol humide et propre), elles permettent la suppression du sarclage. La sélectivité vis-à-vis du maïs est excellente et aucun arrière-

effet n'a été remarqué sauf dans le cas de cultures intercalaires décalées d'environ 40 à 50 jours (quelques dégâts dus à l'atrazine sur niébé). Ces produits sont intéressants par leur action complémentaire de celle des herbicides du cotonnier, en particulier sur certaines herbes latifoliées comme *Tridax procumbens* et *Ipomea* sp.

CONCLUSION

Le désherbage chimique de pré-levée, à condition que les produits soient efficaces et sélectifs, exige des conditions d'application strictes :

- propreté du sol au moment du traitement,
- humidité à l'épandage,
- alternance judicieuse des cultures et des produits.

En cas d'utilisation ponctuelle, simplement dans le but d'alléger le poste de travail « sarclage », les deux premières conditions sont assez aisément satisfaites ; quant à la troisième, elle peut être ignorée pendant un certain temps.

Au niveau d'une ferme comme Angaradébon, *a fortiori* chez les paysans, ces exigences fondamentales demeurent mais, de plus, une contrainte nouvelle liée à l'action satisfaisante de la fumure organique, ou plus généralement au parcage des animaux, apparaît (infestation des parcelles par *Ipomea eriocarpa*).

Compte tenu des conditions actuelles d'utilisation des produits, nous pouvons envisager les améliorations suivantes :

- association (après étude et à la demande) aux herbicides de pré-levée d'un produit de contact (type paraquat) ou mieux, systémique, de façon à éliminer les repousses et germinations résistantes.
- dans le cas d'Angaradébon, modification des apports de fumure organique qui seraient réservés aux maïs plutôt qu'aux soles cultivées en coton, les herbicides

Sorgho

Tout produit à base d'atrazine étant à éviter, seule l'association terbutryne/terbuthylazine (T) reste envisageable. Les résultats sont partout encourageants, ils pourraient être améliorés en augmentant la dose épandue.

recommandés en maïsiculture à base d'atrazine étant efficaces contre *I. eriocarpa*.

Les observations faites au Bénin sur l'utilisation des herbicides de pré-levée en essais en conditions réelles mettent bien en évidence tout leur intérêt, mais également leurs limites. Ces limites, même si elles peuvent être repoussées par des produits plus performants et/ou des combinaisons plus judicieuses à l'intérieur d'une rotation, apparaissent d'autant mieux qu'on étend la technique d'une culture à l'ensemble des productions et de la parcelle à l'exploitation.

Il nous paraît donc totalement irréaliste de vouloir traiter le problème de la lutte contre les adventices uniquement par voie chimique, d'abord pour des questions de coût et de rentabilité (excellente sur semis précoces, elle pourra devenir négative sur semis tardifs), ensuite parce que le désherbage chimique n'est que rarement une réussite parfaite. Des interventions manuelles ou mécaniques demeureront toujours obligatoires au niveau d'une exploitation.

Nous pourrions, dans un premier temps, conseiller cette technique au producteur pour ses semis précoces sur les maïs, cotonniers (voire arachides) pour lesquels les produits présentent une bonne sélectivité et une excellente complémentarité, toutes les autres cultures et particulièrement les associations restant entretenues de manière traditionnelle.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. BERHAUT (J.), 1967. — Flore du Sénégal. Editions Clair-Afrique, Dakar, 485 pages.
2. DEAT (M.), 1980. — Rapport de Mission au Bénin. I.R.C.T. Montpellier, 17 pages, non publié.
3. DEAT (M.), 1981. — Principales adventices du cotonnier en Afrique de l'Ouest. Description et techniques de lutte. I.R.C.T., Paris. 95 pages.
4. DEUSE (J. P. L.), GULLERM (J. L.), 1979. — Le désherbage du maïs en Afrique de l'Ouest et principales adventices. I.R.A.T.-C.E.P.E.-A.G.P.M., 67 pages.
5. GABOREL (Ch.), 1979-1982. — R.C.F., Rapports techniques annuels, documents non publiés, Cotonou (Bénin).
6. MERLIER (H.), MONTEGUT (J.). — Adventices tropicales. O.R.S.T.O.M.-G.E.R.D.A.T.-E.N.S.H., 490 pages.

Weed control in a farming system in Benin

Ch. Gaborel

Agronomist, IRCT technical advisor, Recherche Coton et Fibres (R.C.F.), B.P. N° 715 Cotonou (Bénin).

SUMMARY

The use of herbicides, initially theme of cotton research, has gradually become a practical necessity in the experimentation, for the cotton plant as well as for other crops such as maize, sorghum and groundnut.

The experiments performed at the level of the plot have been

applied to a life-size farming system as from 1979 (farm of 3 ha employing draught animals).

Comparing the results obtained shows the relevance, but also the limits of chemical weed control. Proposals are made to develop this technique in Benin.

KEY WORDS : weeds, chemical weed control, farming system, cotton plant, corn, sorghum, groundnut.

INTRODUCTION

The Department « Recherches Coton et Fibres (R.C.F.) mainly deals with Agronomy, Varietal experimentation and Crop Protection; more general studies on technical production systems have been undertaken these last few years.

These activities are widely regionalized: although R.C.F. has no research station, it has a farm to study technical systems and about twelve permanent experimentation centres (P.E.C.s.) distributed in the six provinces of the country to perform thematic studies.

Because of scarce labour (in some areas) and budgetary difficulties chemical weed control (in cotton but also corn, sorghum and groundnut fields) has become these last few

years a means to compensate for the high expenses entailed by weeding in the areas cultivated each year.

At first, herbicides were irregularly used according to the needs. They become systematically used in many P.E.C.s. as well as in the Angaradebou Farm where they are an invaluable means to increase productivity even if many problems are still to solve. Because the chemicals used are pre-emergence herbicides, they must be sprayed on « clean soils ». When sowing is early, there is in general no difficulty. But, as the season progresses, this perfect seed bed preparation (fairly easy to obtain in P.E.C.s. where areas are modest and labour available) becomes impossible in the farm, and the chemicals are not properly sprayed.

MATERIALS AND METHODS

Weeds

As from 1980, we tried to make an inventory, as complete as possible, of the weeds existing under rain fed conditions (2). From the north to the south of the country, there is about a hundred of weeds and their number and incidence vary according to dates, crops, and, of course, stations.

In general, there are 10 to 25 true weeds per station and only a few are important. We have listed in table 1, the weeds which are or may become important (1, 3, 4, 6) as well as some typical plants of the region. These species are classified by locality according to three major ecological areas.

— The North, a typical Sudanese area where the rainy season lasts from May to October and the soils are of the ferruginous tropical type.

— The Centre, a transition area with, in general, two rainy seasons in the southern part. The soils are of the ferruginous tropical type.

— The South, a humid tropical area with two rainy seasons, from April to July and from September to November. Ferrallitic soils.

Among the 29 species that we have listed, the main ones are :

Grass weeds and Cyperaceae

Dactyloctenium aegyptium and *Digitaria horizontalis* that are found everywhere and almost always in large amounts; the two species follow one another in the field, first infested by *D. aegyptium* and then by *D. horizontalis*.

TABLE 1. — Weeds present in the experimentation sites

Weeds	North				Centre				South	
	Angaradebou	Gomparou	Gogounou	Dassari	Aifakpara	Aiafflarou	Gobe	Savaïou	Agonyv	Sékou
Grass weeds and Cyperaceae										
<i>Brachiaria lata</i>	+	+	.	.	.
<i>Cenchrus biflorus</i>
<i>Chloris pilosa</i>
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+
<i>Digitaria horizontalis</i>	+	+++	+	.	+++	++	.	.	+++	++
<i>Eleusine indica</i>
<i>Imperata cylindrica</i>	+	+	++	.
<i>Killinga squamulata</i>	.	+	+	.	+	+	.	++	.	+
<i>Setaria barbata</i>	+	+
<i>Setaria pallida-fusca</i>
<i>Paspalum scrobiculatum</i>	.	.	+
Broad leaf species										
<i>Amaranthus spinosus</i>
<i>Ageratum conyzoides</i>	++
<i>Boerhavia erecta</i>	+	+	+	++	.	.
<i>Cassia obtusifolia</i>	++
<i>Cleome viscosa</i>	+	.	.
<i>Chrysanthellum americanum</i>	.	.	.	+	.	+
<i>Commelina bengalensis</i>	.	.	+	.	.	++
<i>Euphorbia heterophylla</i>	+	.	.
<i>Fleurya acaustans</i>
<i>Hibiscus surratensis</i>
<i>Ipomea eriocarpa</i>	+++	+	+
<i>Portulaca oleracea</i>	+	.
<i>Schwenkia americana</i>	+
<i>Spermaroce stachydea</i>	.	+	+
<i>Talinum triangulare</i>	+	+
<i>Tridax procumbens</i>	+++	+++	+++	.	.
<i>Momordica charantia</i>	+	.
<i>Phyllanthus amarus</i>	++	+

. = present species.

++ = present species which may become abundant.

+++ = frequent species which may be abundant.

+++ = abundant species, often predominant.

Some species can be of local importance : *Brachiaria lata*, *Killinga squamulata*, *Paspalum scrobiculatum* and, of course, *Imperata cylindrica* mainly in the Centre and South.

Broad leaf species

In the Centre, we mainly find : *Tridax procumbens*, *Boerhavia erecta*, *Commelina bengalensis* and *Ageratum conyzoides*. In the North, *Ipomoea eriocarpa* is the most difficult to suppress but other species may be of local importance such as *Cassia obtusifolia*, *Spermaroce* sp. and *Commelina bengalensis*. In the far south of the country, broad leaf species are very varied. Among many others, we can mention *Phyllanthus amarus*, *Portulaca oleracea*, and *Talinum triangulare* which may become fairly important.

Methods of chemical weed control

As from 1979, we have regularly used weed killers in most the plots of the P.C.s. In Borgou and Zou (North and Centre) and in the Angaradebou farm (North). As the plots were 1,500 to 5,000 m² in the P.E.C.s. and 8,000 m² in Angaradebou, applications may be regarded as life-size. All the chemicals (table 2) have been applied after sowing

and before emergence, using low volume (20 l/ha) and rotary disc applicators (« Handy » from Micron sprayer's).

The usual observations on weed cover — rated from 0 (total weed cover) to 10 (nil weed cover), 7 corresponding to a reasonable weed cover — have not been made with enough rigour and did not seem reliable to us. We have therefore preferred to choose as criterion of efficiency the number of days between sowing and first hoeing (D.A.S. (*)), which can be brought forward or postponed by P.E.C. managers if they judge it necessary.

The number and variety of the results (first hoeing from D.A.S. 15 to 50 or never) obtained on P.E.C.s. made us divide the observations into five classes :

Hoeing up to 20 D.A.S.	class 1
Hoeing from 21 to 30 D.A.S.	class 2
Hoeing from 31 to 40 D.A.S.	class 3
Hoeing after 41 D.A.S.	class 4
No Hoeing	class 5

For obvious reasons connected with weed phenology, we have completed the preceding observations by classifying the sowing dates according to three types : early (E), normal (N), late (L).

Some untreated plots (because of lacking chemicals or adverse hydric conditions) have also been monitored ; very often, they have allowed an improved estimate of the chemicals used.

RESULTS

The observations made for each crop (5) have been divided into two groups : group 1, those obtained in the Permanent Experimentation Centres in Borgou (Angaradebou, Gomprou, Gogonou and Alafiarou) and Zou (Gobe) from 1979 to 1982, and group 2, those obtained in the Angaradebou farm (farming system) from 1980 to 1982.

It should be pointed out that all the crops involved, except sorghum, have received mineral manure. Also, the cotton fields and some of the maize planted in the farm, have received organic manure (3 t/ha kraal earth).

Permanent Experimentation Centers

Cotton plant

The results concerning the cotton plant are grouped together in table 3.

DIPROPETRYN + METOLACHLORINE

This compound has been used in 26 different cases (under satisfactory conditions of soil moisture except once in

Gogonou in 1982). We have had the possibility of comparing with nearby untreated plots 15 times. Non-hoed plots (class 5) are numerous and represent 30 % of the whole ; they have been directly ridged without prior hoeing, except sometimes to suppress improperly buried ratoons or herbicide resistant weeds (*Cyperus esculentus*, *Imperata cylindrica*).

Early sowing seems to be substantially better than normal sowing. This is perfectly logical and corresponds to a better soil preparation (herbicides are sprayed on a perfectly clean soil) which is more difficult to obtain as the rainy season progresses. The observations made on late sowing dates seem in apparent contradiction with this remark. It is in fact, a particular case where, prior to ploughing (early July) all the plots have been hoed, which is equivalent to an early sowing date.

DIPROPETRYN

The results are satisfactory but because of toxicity hazards, this chemical has been given up and replaced by the previous compound.

TABLE 2. — Chemicals sprayed on the different crops.

Trade name	Active ingredient	Concentration g/l	Dose of a.i. g/ha
<i>Cotton plant</i>			
Cotofer	dipropetryn (D)	500	2 000
Cotodon	dipropetryn + metolachlor (DM)	240 + 160	960 + 640
Zorial	norflurazon (N)	800	1 200
Zoridax	norflurazon + cyanazine (NC)	300 + 400	900 + 1 200
<i>Groundnut</i>			
Cotofer	dipropetryn (D)	500	2 000
Cotodon	dipropetryn + metolachlor (DM)	240 + 160	960 + 640
<i>Maize</i>			
Primagram	atrazine + metolachlor (AM1)	250 + 250	1 000 + 1 000
Primextra	atrazine + metolachlor (AM2)	200 + 300	800 + 1 200
<i>Sorghum</i>			
Primagram	atrazine + metolachlor (AM1)	250 + 250	750 + 750
Sorgoprim	terbutryne + terbuthylazine (T)	250 + 250	750 + 750

(*) D.A.S. : days after sowing.

TABLE 3. — Effectiveness of the chemicals according to the number of D.A.S.
Comparison with a non-hoed control (cotton plant).

Chemicals	Date of sowing	Treatment	Number of data per class					Number of cases
			Cl.1	Cl.2	Cl.3	Cl.4	Cl.5	
Dipropetryn + Metolachlor	E	treated			1	1	5	7
		untreated	2	2	2			6
	N	treated			3	7	2	12
		untreated	1	5	1			7
	L	treated			2	3	2	7
		untreated			6	11	9	26
P + M + T	untreated	3	7	5			15	
Dipropetryn	M	treated				2		2
		untreated		2				2
Norflurazon + cyanazine	M	treated				2		2

NORFLURAZON + CYANAZIN

This compound could have been very useful (effective against *Tridax procumbens*) but it sometimes has serious consequences: lack of selectivity (due to cyanazin) and toxicity to the following crop (maize or sorghum) due to norflurazon.

Groundnut

The number of observations is lower than for the cotton plant; they have been made in Borgou only (table 4).

In the 10 plots treated with the compound dipropetryn + metolachlorine, the results are excellent, except two cases where the chemical has been used on a dry soil. Every other time, weeding is completely suppressed.

Sorghum

(It has been possible to make several observations in Borgou (table 5)).

The results obtained with the compound atrazine + metolachlor (AM1) are satisfactory but toxicity to the crop is often high (sometimes more than 50 % of the pockets are destroyed). This lack of selectivity often seems related to the soil (high toxicity in light soils) but also to the cultivar. This compound has not been used since 1980.

The second compound (terbutylazine + terbutryne) used as from 1982 seems promising despite the low doses applied. It seems particularly useful when sowing dates are early.

Maize

Observations (table 6) have been made in the Centre (Gobe) in 1982 on first cycle late crops. Soil moisture at application time was low in three cases out of four.

Herbicide effect is directly related to that factor.

TABLE 4. — Effectiveness of the chemicals according to the number of D.A.S.
Comparison with a non-hoed control (groundnut).

Chemicals	Date of sowing	Treatment	Number of data per class					Number of cases
			Cl.1	Cl.2	Cl.3	Cl.4	Cl.5	
Dipropetryn + Metolachlor	E and N	treated		1	2	2	5	10
		untreated		2				2
Dipropetryn	E	treated			1			1
		untreated		1				1

TABLE 5. — Effectiveness of the chemicals according to the number of D.A.S.
Comparison with a non-hoed control (sorghum).

Chemicals	Date of sowing	Treatment	Number of data per class					Number of cases
			Cl.1	Cl.2	Cl.3	Cl.4	Cl.5	
Atrazine + Metolachlor (AM1)	E and N	treated		1	2	2		5
		untreated	4	1				5
Terbutryne + Terbutylazine	E	treated			1	1	2	4
		untreated			5			5

TABLE 6. — Effectiveness of the compound atrazine + metolachlor (AM1)
according to the number of D.A.S. (maize).

Date of sowing	Treatment	Number of data per class					Number of cases
		Cl.1	Cl.2	Cl.3	Cl.4	Cl.5	
T	treated	1	2	1			4

Farming system : Angaradebou Farm

This farm has been set up in 1978 in Northern Borgou (Sudanese area) ; it includes 10 half-plots of 0.8 ha each cultivated with animal — drawn equipment according to a five — course rotation :

Year 1 — groundnut	Mineral manuring.
Year 2 — cotton or maize	Organic manuring : 3 t/ha kraal earth and mineral supplement.
Year 3 — maize + cowpea	Mineral manuring.
Year 4 — cotton	Organic manuring : 3 t/ha kraal earth and mineral supplement.
Year 5 — sorghum	No manuring.

The farm has been operational since 1980 and the observations have therefore been made during three years.

On the whole, the results obtained from cotton plots are poor and an effectiveness of over 30 days is rarely observed.

However, it should be noted that the compound norflurazon + cyanazine (NC) has a satisfactory behaviour. When sowing dates are late, this compound is not effective at all.

D propetryn (D) was little effective on groundnuts in 1980 (table 8) ; on the opposite, the association dipropetryn-metolachlor (DM) gave excellent results the two following years.

In maize fields, weeding has been suppressed when sowing dates were normal or early. With late sowing dates, chemical weeding was useless.

For sorghum, we have used the compound terbutryne + terbutylazine (T) on two plots only, at the rate of 625 + 625 g/ha a.i.

The compound has been applied under good conditions (normal sowing date and sufficient soil moisture). Effective hoeing has been performed after 37 days. This reasonable result should be improved by increasing the dose of active ingredients to 750 + 750 g/ha.

TABLE 7. — *Effectiveness of the chemicals in cotton plots, expressed in number of D.A.S.*

Year	1980				1981			1982	
Sowing date	E	N	N	N	L	N	N	N	N
Soil	moist	moist	moist	moist	moist	moist	dry	dry	moist
Herbicide used	N	N	N	DM	DM	NC (*)	DM	DM	DM
g/ha a.i.	1 200	1 200	1 200	960 + 640	960 + 640	640 + 1 120	960 + 640	960 + 640	960 + 640
Effectiveness	32	30	30	35	24	40	31	23	37

(*) c.p. used at the rate of 2.8 l/ha instead of 3 l.

TABLE 8. — *Effectiveness of the chemicals on groundnuts expressed in number of D.A.S.*

Year	1980		1981		1982	
Sowing date	E	E	N	N	N	N
Soil	moist	moist	moist	moist	moist	moist
Herbicide used	D	D	DM	DM	DM	DM
g/ha a.i.	2 000	2 000	960-640	960-640	960-640	960-640
Effectiveness	33	31	no hoeing	no hoeing	49	49

TABLE 9. — *Effectiveness of the chemicals on maize, expressed in number of D.A.S.*

Year	1980		1981		1982	
Sowing date	E	L	L	N	E	L
Soil	moist	moist	—	moist	moist	moist
Herbicide used	AM1	AM2	—	AM1	AM2	AM2
g/ha a.i.	1 000-1 000	800-1 200	untreated	1 000-1 000	800-1 200	800-1 200
Effectiveness	no hoeing	32	21	no hoeing	no hoeing	23

DISCUSSION

Thanks to these results, we shall try to explain the variable effectiveness observed with the chemicals tested.

Cotton plant

All the results obtained in both the P.E.C.s. and Angaradebou farm can be grouped together and compared, without taking into account the different chemicals and sowing dates.

	1	2	3	4	5
P.E.C.s.	2	7	17	9	35 cases
Angaradebou farm	4	5			9 cases

Results are much better in P.E.C.s where hoeing has been postponed beyond day 40 or suppressed in 26 tests out of 35. Weed cover in the farm is greater than expected.

Since the chemicals used are premergence herbicides, their effectiveness may be influenced by soil tillage.

In fact, on the P.E.C.s. where areas are small, seed bed preparation is generally good. In the farm, herbicides are applied on clean soils only when sowing dates are early. Soil preparation is therefore an essential factor of success but there are others :

For instance, in Angaradebou, we have applied in 1981 and 1982 the same compound (dipropetryn + metolachlor) at the same dose on comparable dates and under good conditions in cotton and groundnut fields.

	1	2	3	4	5	Observations
Groundnut				2	2	sowing : N.
Cotton	1	2				sowing : 2 N and 1 L.

The variations of effectiveness of a same herbicide can therefore be very large.

Here, the difference in effectiveness is due to the large amount of a morningglory species, *I. eriocarpa*, unaffected by the chemical used and brought in cotton fields with kraal earth. This weed is consumed by the animals and its seed are found in their excrements while, in groundnut fields, where no organic manure is applied, this weed is reasonably present.

But as norflurazon (N) and norflurazon + cyanazine (NC) had to be given up because of both the after effects of norflurazon on cereals and the relative aggressiveness of cyanazine to cotton plants, the compound dipropetryn + metolachlor seems for the time being, the only herbicide reliable enough to be proposed.

Groundnut

Dipropetryn and dipropetryn + metolachlor have both been tested and the compound seems to be relatively more effective.

Maize

The two compounds involving atrazine and metolachlor (AM1 and AM2) have given identical results. If used under satisfactory conditions (moist and clean soil), hoeing is suppressed. Their selectivity is excellent and no after-effect has been noticed, except when cowpeas are interplanted 40 to 50 days after maize (damage due to atrazine).

These active ingredient are interesting because they are complementary to cotton herbicides, especially on some broad-leaf weeds such as *Tridax procumbens* and *Ipomea* sp.

Sorghum

Given that the use of atrazine is to be avoided, only the compound terbutryne + terbutylazine (T) can be employed. The results are encouraging everywhere. They could be improved by increasing the dose applied.

CONCLUSION

Pre-emergence chemical weeding, insofar as the herbicides are effective and selective, requires strict conditions of application :

- clean soil at application time ;
- moist soil at application time ;
- judicious rotation of crops and weed killers.

When herbicides are locally used to reduce hoeing, the two first conditions are quite easily met ; the third one can be left aside for a while.

Under farm conditions, as shown in Angaradebou, these basic requirements still exist. There is in addition a new constraint linked to the consequences of organic manuring (seeds of *I. eriocarpa* are contained in kraal earth) or more generally to cattle penning.

Considering the conditions under which herbicides are used presently, the following improvements can be envisaged :

- supplement, after examination and on request, preemergence herbicides with a contact product (of the paraquat type) or still better with a systemic product in order to remove ratoons and prevent resistant germinations ;
- modify in farms the applications of organic manure

which would be made on maize rather than on cotton, being the atrazin-based herbicides recommended in maize growing capable of controlling *I. eriocarpa*.

The observations made during these tests emphasize the significance but also the limits of preemergence herbicides.

These limits, even if they can be passed by using more effective products and/or more judicious combinations within one rotation, are all the more conspicuous when the technique is applied from one crop to all the productions and from the plot to the farm.

We therefore think it is totally irrational to suppress weeds by chemical herbicides only. First, there are problems of cost and profitability (excellent when sowing is early, it may become negative when sowing is late). Next, weed control is rarely a perfect success and hand or mechanical operations will always be needed in a farm.

To begin with, we could recommend this technique for maize and cotton (even groundnut) when sowed early since herbicides are adequately selective and highly complementary. In all the other crops, and especially associated ones, conventional weeding should be maintained.

RESUMEN

El empleo de herbicidas, en primer lugar tema de investigación en cultivo algodonero, se ha vuelto poco a poco una necesidad en la experimentación para esta planta así como para otras : maíz, sorgo, maní.

Los estudios realizados a nivel de la parcela fueron extendidos al

sistema de cultivo bajo condiciones reales a partir de 1979 (explotación de 3 hectáreas utilizando tracción animal). La comparación de los resultados obtenidos muestra el interés pero también los límites del desyerbo químico. Propuestas son presentadas para desarrollar esta técnica en el Benin.